



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

PCT/EP 0 7 0 3 2 8 3

Rec'd PCT/PTO 08 OCT 2004

10/511250

REC'D 23 MAY 2003

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02008045.3

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk

**BEST AVAILABLE COPY**



Anmeldung Nr:  
Application no.: 02008045.3  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 10.04.02  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München  
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Bauteil mit einer Maskierungsschicht

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)  
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

G23C/

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

Munich  
62  
10. April 2002

1

Bauteil mit einer Maskierungsschicht

Die Erfindung betrifft ein Bauteil nach dem Gattungsbegriff  
5 des Anspruchs 1 und 3.

Bauteile wie z.B. Turbinenschaufeln, insbesondere für  
Gasturbinen, werden insbesondere im Schaufelblattbereich  
beschichtet, weil diese hohen thermischen Belastungen  
10 ausgesetzt sind.

Im Sockel- bzw. im Befestigungsbereich der Turbinenschaufel  
herrschen niedrigere Temperaturen, so dass dort keine  
Beschichtung in Form einer Wärmedämmschicht notwendig ist.  
Keramische Beschichtungen sind in diesem Bereich sogar  
15 unerwünscht, weil der Sockel genau in eine metallische  
Scheibe eingepasst werden muss.

Maskierungen nach dem Stand der Technik, die eine  
Beschichtung verhindern sollen, lassen sich oft schlecht  
20 wieder entfernen, da eine gute Haftung des Materials der  
Maskierung mit dem Grundmaterial der Turbinenschaufel gegeben  
ist oder eine unerwünschte Diffusion von Elementen aus der  
Maskierungsschicht in das Grundmaterial der Turbinenschaufel  
erfolgt.

25

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Maskierungsschicht  
aufzuzeigen, die sich nach einer gewollten Beschichtung der  
Turbinenschaufel in den unerwünschten Bereichen wieder leicht  
30 entfernen lässt, ohne dass es zu einer Beeinflussung des  
Grundmaterials oder der Geometrie der Turbinenschaufel in dem  
maskierten Bereich kommt.

35 Die Aufgabe wird gelöst durch eine Turbinenschaufel gemäß  
Anspruch 1. Dabei wird eine Keramik direkt auf das  
Grundmaterial der Turbinenschaufel aufgebracht.

Wärmedämmschichten, die auf eine Turbinenschaufel im  
Schaufelblattbereich aufgebracht werden, weisen in der Regel  
zwischenliegende Schichten zwischen einem Substrat, d.h. dem  
5 Grundmaterial der Turbinenschaufel, und der Wärmedämmschicht  
auf, wie z.B. sogenannte Haftmittlerschichten, beispielsweise  
metallisches MCrAlY, oder Diffusionsbarrieren.

Bei der Maskierung wird auf diese Zwischenschichten  
verzichtet um eine gute Anbindung der Maskierungsschicht zu  
10 verhindern. Die Maskierungsschicht ist insbesondere aus  
Keramik, weil sich die spröde Keramik durch einfache  
Verfahren, wie z.B. Sandstrahlen, Trockeneisstrahlen  
entfernen lässt. Das Material für die Keramik wird so  
gewählt, dass keine oder kaum Diffusion aus der Keramik  
15 heraus in das Substrat stattfindet.

Die Aufgabe der Erfindung wird weiterhin durch eine  
Turbinenschaufel gemäß Anspruch 3 gelöst. Dabei reagiert die  
20 Maskierungsschicht mit dem Material des aufzubringenden  
Materials und lässt sich so leicht entfernen.

Weitere vorteilhafte Ausbildungen des erfindungsgemäßen  
Bauteils gemäß Anspruch 1 bzw. 3 sind in den Unteransprüchen  
25 2, bzw. 4 bis 14 aufgelistet.

Es zeigen

Figur 1 eine Turbinenschaufel nach dem Stand der Technik,  
30 Figur 2 Verfahrensschritte zur Herstellung einer Beschichtung  
nach dem Stand der Technik,  
Figur 3 eine Maskierungsschicht einer erfindungsgemäßen  
Turbinenschaufel,  
Figur 4 eine weitere Maskierungsschicht einer  
35 erfindungsgemäßen Turbinenschaufel,  
Figur 5, 6 zeigen eine Maskierungsschicht, die mit Material  
aufzubringender Schichten reagiert, und

Figur 7, 8 wie sich die Maskierungsschicht nach einer Reaktion wieder leicht entfernen lässt.

5 Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

Figur 1 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Turbinenschaufel 1, insbesondere eine Laufschaufel für eine Gasturbine, die sich entlang einer Längsachse 4 erstreckt. Die Turbinenschaufel 1 weist entlang der Längsachse 4 aufeinanderfolgend einen Befestigungsbereich 7, eine daran angrenzende Schaufelplattform 10 sowie einen Schaufelblattbereich 13 auf.

15 Der Befestigungsbereich 7 ist als ein Schaufelfuß 16 ausgebildet, der zur Befestigung der Turbinenschaufel 1 an einer nicht näher dargestellten Welle einer ebenfalls nicht dargestellten Strömungsmaschine dient. Der Schaufelfuß 16 ist beispielsweise als Hammerkopf ausgestaltet. Andere

20 Ausgestaltungen, beispielsweise als Tannenbaum- oder Schwalbenschwanzfuß sind möglich.

Bei herkömmlichen Turbinenschaufeln 1 werden in allen Bereichen der Turbinenschaufel massive metallische Werkstoffe, insbesondere Nickel- oder Cobalt-basierte Superlegierungen, verwendet. Die Turbinenschaufel kann hierbei durch ein Gussverfahren, durch ein Schmiedeverfahren, durch ein Fräsverfahren oder Kombinationen daraus gefertigt sein.

30 Insbesondere der Befestigungsbereich 7 ist aus Metall, weil der passgenau in eine entsprechende Form einer Scheibe eingeklemmt wird. Spröde keramische Beschichtungen würden dabei abplatzen und die Geometrie im Befestigungsbereich

35 verändern.

Der Schaufelblattbereich 13 ist beispielsweise mit einer Wärmedämmschicht beschichtet, wobei zwischen dem Grundmaterial der Turbinenschaufel 1 beispielsweise noch weitere Schichten, wie z.B. Haftvermittlerschichten (MCrAlY-Schichten) angeordnet sein können.

Ein erfindungsgemäßes Bauteil in Form einer Turbinenschaufel 1 kann eine Leit- oder Laufschaufel einer beliebigen Turbine, insbesondere einer Dampf- oder Gasturbine, sein.

10

Figur 2 zeigt, was passiert, wenn die Oberfläche der Schaufel 1 keine Maskierungsschicht 25 (Fig. 3) aufweist. Das Material 22 einer Zwischenschicht 19 (MCrAlY), die beispielsweise durch Plasmaspritzen, durch PVD oder CVD oder Eintauchen in ein flüssiges Metall oder Aufbringen von Pulver in jeglicher Form auf eine Oberfläche der Turbinenschaufel 1 aufgebracht wurde und die Zwischenschicht 19 bildet, führt zu einer Reaktion des Materials 22 mit der Turbinenschaufel 1 und zu einer guten Haftung der Zwischenschicht 19 mit dem Grundmaterial der Turbinenschaufel 1.

Wenn die Zwischenschicht 19 wieder entfernt werden soll, weil sie bspw. im Befestigungsbereich 7 unerwünscht ist, so bereitet es daher große Probleme, weil sich die Geometrie des Befestigungsbereichs 7 durch teilweises Entfernen des Grundmaterials des Substrats 40 verändert.

Figur 3 zeigt ein erfindungsgemäßes Bauteil in Form einer Turbinenschaufel 1 mit einer Maskierungsschicht 25. Auf die Turbinenschaufel 1 wird bspw. zuerst eine erste Funktionsschicht 28 aufgebracht. Dies ist beispielsweise eine nanometerdünne Polycarbosilanschicht, die bei 200°C an Luft vernetzt und eine gute Haftung zum Grundmaterial 40 der Turbinenschaufel 1 ermöglicht.

Auf die erste Funktionsschicht 28 wird beispielsweise eine Gradientenschicht 31 aufgebracht, wobei das Material für die Gradientenschicht 31 eine Mischung aus Polysiloxan und einer Metallkeramik und/oder Metall ist.

- 5 Die Gradientenschicht 31 kann beispielsweise in Form eines Schlickers mit Schichtdicken von 10 - 30  $\mu\text{m}$  Dicke aufgebracht werden und ebenfalls bei etwa 200°C an Luft vernetzt werden. Als metallischer Füllstoff wird diesem Material der Gradientenschicht 31 ein weiteres Pulver, insbesondere der  
10 Zusammensetzung MCrAlY, wobei M für Fe, Co, Ni steht, beigefügt, weil dieses aufgrund seines Ausdehnungskoeffizienten als Zwischenschicht (Haftvermittlerschicht) zwischen Grundmaterial 40 und keramischer Wärmedämmschicht verwendet wird.

- 15 Auf die Gradientenschicht wird eine Reaktivschicht 34 aufgebracht, wobei diese bspw. aus einem reinen Kohlenstoffprecursor besteht. Die Vernetzung innerhalb der Reaktivschicht 34 erfolgt bei 180°C an Luft.

- 20 Die vernetzten Schichten 28, 31, 34 werden durch eine thermische Behandlung bei 1000°C in Argonatmosphäre in eine Keramik umgewandelt, durch den sogenannten Pyrolyseprozess. Aufgrund der Dichteänderung des metallorganischen Precursors  
25 wie z.B. des Polysiloxans mit einer Dichte von 1 g/cm<sup>3</sup> in eine Siliciumoxycarbidgephase (SiOC) mit einer Dichte von ca. 2,3 g/cm<sup>3</sup>, ist eine 10 - 30  $\mu\text{m}$  dicke, dichte und rissfreie Beschichtung nicht möglich. Deshalb werden dem Polymer metallische oder keramische Füllstoffe beispielsweise mit  
30 einem Volumenanteil von 30 - 50% zugesetzt, um die stattfindende Phasenumwandlung des Polymers und die Rissbildung gezielt zu steuern und die thermomechanischen Spannungen aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten an der Grenzfläche zwischen Metall  
35 (Turbinenschaufel 1) und Maskierungsschicht 25 zu minimieren oder zu eliminieren.

Die geforderte Temperaturbeständigkeit der Markierungsschicht ist durch die thermische Phasentransformation des Polycarbosilans in die entsprechende hochtemperaturbeständige SiOC bzw. Graphitphase gegeben.

5

Während des Beschichtungsprozesses wird ein Material 22 auf den Schaufelblattbereich 13 der Turbinenschaufel 1 und auf die Maskierungsschicht 25 aufgebracht. Das Material 22 reagiert mit der Reaktivschicht 34 zu einer Reaktionsschicht 43, d.h. zu einem Material, das hochtemperaturbeständig ist, aber beispielsweise in Wasser löslich ist, also leicht entfernbar ist.

Das Material 22 ist beispielsweise Aluminium, das auf die Turbinenschaufel 1 aufgebracht wird, um eine Aluminidschicht zu bilden. Eine solche Aluminidschicht kann durch Plasmaspritzen oder Verfahren wie sie in dem EP-Patent 0 525 545 B1 und dem EP-Patent 0 861 919 B1 angegeben sind, aufgebracht werden.

20

Bei Aluminium reagiert der Kohlenstoff der Reaktivschicht 34 mit Aluminium zu  $Al_4C_3$ . Wenn der Schaufelblattbereich 13 vollständig beschichtet ist, kann die gesamte Schaufel insbesondere der Befestigungsbereich 7 in Wasser eingebracht werden, wodurch sich die mit dem Material 22 umgewandelte wasserlösliche Reaktionsschicht 43 auflöst.

Die unterliegenden Schichten 28, 31 lassen sich leicht durch Trockeneisstrahlen entfernen, so dass durch die Entferungsverfahren keine Geometrieänderung im Befestigungsbereich 7 erfolgt.

Aluminium wird beispielsweise beim Refurbishment, d.h. u.a. beim Entfernen verbrauchter MCrAlY-Schichten, auf eine Turbinenschaufel 1 aufgebracht.

35 Statt des hier beispielsweise gezeigten dreischichtigen Aufbaus, kann die Maskierungsschicht 25 auch eine Gradientenschicht sein, die einen graduellen Aufbau aufweist,



d.h. auf dem Substrat 40 ist die Zusammensetzung so gewählt, dass eine gute Haftung ermöglicht ist, und an der äußeren Oberfläche ist die Zusammensetzung so, dass diese mit dem Material 22 noch aufzubringender Schichten reagiert.

5

Figur 4 zeigt ein erfindungsgemäßes Bauteil in Form einer Turbinenschaufel 1 mit einer Maskierungsschicht 25.

- 10 Auf die beispielsweise metallische Turbinenschaufel 1 wird direkt eine keramische Schicht 37 aufgebracht, die die Maskierungsschicht 25 bildet. Dies kann bspw. eine Oxidkeramik, die dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Substrats angepasst ist, sein.
- 15 Zwischen der keramischen Schicht 37 und dem metallischen Substrat 40 der Turbinenschaufel 1 sind keine weiteren Schichten, insbesondere keine Haftvermittlerschichten vorhanden, so dass sich durch leichten Energieeintrag, wie z.B. Sandstrahlen oder Trockeneisstrahlen, die keramische
- 20 Schicht 25,37 entfernen lässt. Die dichte keramische Schicht 37 bildet auch während eines Beschichtungsverfahrens der Turbinenschaufel 1 mit verschiedenen Schichten, wie z.B. Haftvermittlerschichten oder Wärmedämmschichten, eine Diffusionsbarriere.

25

Die Maskierungsschicht 25 kann auch erst mit dem Material 22 noch aufzubringender Schichten beispielsweise zu einer spröden Schicht 43, beispielsweise einer keramischen Schicht 37 reagieren. Die keramische Schicht 37 kann sich

30 beispielsweise auch erst nach einer weiteren Wärmebehandlung ausbilden (Pyrolyse).

Solche spröden Schichten 43 lassen sich durch einfache Verfahren wie Thermoschockverfahren oder Sandstrahlen oder Trockeneisstrahlen, d.h. durch Energie einbringende, aber

35 nicht abrasiv wirkende Strahlverfahren entfernen.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Maskierungsschicht 25 mit dem Material 22 aufzubringender Schichten zu einer wasserlöslichen Schicht 43 reagiert.

5 Dabei können unter der obersten Schicht der Maskierungsschicht weitere Schichten vorhanden sein, d.h. die Maskierungsschicht 25 kann mehrschichtig aufgebaut sein. Dabei gibt es die Möglichkeit, eine Anbindungsschicht direkt auf das Substrat 40 des beschichteten Bauteils aufzubringen  
10 und weiterhin eine Gradientenschicht aufzubringen, die eine Anpassung an thermische Ausdehnungskoeffizienten ermöglicht, so dass die Maskierungsschicht 25 auch während der Maskierung rissfrei bleibt, so dass kein Material auf das Substrat 40 des zu beschichtenden Bauteils gelangen kann.

15

Figur 5 zeigt eine Turbinenschaufel 1 mit einem Substrat 40, auf dem eine Maskierungsschicht 25 aufgebracht ist. Das Material der Maskierungsschicht reagiert und diffundiert  
20 nicht bei den höheren Temperaturen des Beschichtungsverfahrens mit dem Material des Substrats 40.

Während des Beschichtungsverfahrens trifft Material 22 auf die Maskierungsschicht 25 auf und reagiert mit dieser. Die  
25 Reaktion kann auch in einer nachgelagerten Wärmebehandlung stattfinden, wenn die Reaktionstemperatur höher liegt als die Substrattemperatur während der Beschichtung. Die so gebildete Reaktionsschicht 43 (Fig. 6) lässt sich nach dem Beschichtungsverfahren der Turbinenschaufel wieder leicht  
30 entfernen, weil sie beispielsweise spröde oder wasserlöslich ist. Das Material 22 trifft also auch auf die unmaskierten Bereiche des Substrats 40 der Turbinenschaufel 1 auf und bildet eine gewünschte Beschichtung 55 (Fig. 6).

35

Figur 7 zeigt ein Wasserbad 46, in dem eine Turbinenschaufel mit einer wasserlöslichen Schicht 43 eingebracht ist. Durch

die Wasserlöslichkeit lässt sich die Schicht 43 leicht entfernen, so dass nach Herausnahme der Turbinenschaufel 1 aus dem Wasserbad ein unbeschichteter Teil und ein gewünschter beschichteter Teil 55 der Turbinenschaufel 1 vorhanden ist. Die Reaktionsschicht 43 kann auch durch Wasserstrahlen entfernt werden, wobei da noch ein kleiner Energieeintrag vorhanden ist.

Ebenso kann die beispielsweise spröde Reaktionsschicht 43 durch einen Energieeintrag aus einer Bestrahlungsquelle 49 (Ultraschall, Trockeneisstrahler, Sandstrahler) abgetragen werden. (Fig. 8)

## Patentansprüche

1. Für eine teilweise Beschichtung vorgesehenes Bauteil,  
insbesondere eine Turbinenschaufel,  
5 das eine Maskierungsschicht auf Flächen des Bauteils  
aufweist, die nicht beschichtet werden sollen,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- 10 die Maskierungsschicht (25) aus Keramik (37) ist und  
direkt auf dem Grundmaterial (40) des Bauteils (1)  
aufliegt,  
wobei keine oder nur eine geringe chemische Verbindung  
zwischen Maskierungsschicht (25) und dem Grundmaterial  
15 (40) des Bauteils (1) vorhanden ist,  
so dass sich keine gute Haftung zwischen  
Maskierungsschicht (25) und Grundmaterial (40) ergibt.

- 20 2. Bauteil nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
die Keramik (37) eine Oxidkeramik ist.

- 25 3. Für eine teilweise Beschichtung vorgesehenes Bauteil,  
insbesondere eine Turbinenschaufel,  
das eine Maskierungsschicht auf Flächen des Bauteils  
aufweist, die nicht beschichtet werden sollen,

30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

- die Maskierungsschicht (25) mit Material (22) auf das  
Bauteil (1) aufzubringender Schichten (19) reagiert und  
35 sich aufgrund der Reaktion zwischen diesem Material (22)  
und Material der Maskierungsschicht (25) wieder leicht  
entfernen lässt.

4. Bauteil nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

5

die Maskierungsschicht (25) mit dem Material (22) auf das Bauteil (1) aufzubringender Schichten (19) eine spröde Schicht (43) bildet.

10

5. Bauteil nach Anspruch 3 oder 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

15

die Maskierungsschicht (25) mit dem Material (22) auf das Bauteil (1) aufzubringender Schichten (19) eine keramische Schicht oder eine Vorstufe zu einer keramischen Schicht (43) bildet.

20

6. Bauteil nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

die Maskierungsschicht (25) mit dem Material (22) auf das Bauteil (1) aufzubringender Schichten (19) eine wasserlösliche Schicht bildet.

25

7. Bauteil nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

30

auf ein Grundmaterial (40) des Bauteils (1) eine erste Funktionsschicht (28), als ein Teil der Maskierungsschicht (25), aufgebracht wird, die eine gute Haftung zum Grundmaterial des Bauteils (1) ermöglicht.

35

8. Bauteil nach Anspruch 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

die erste Funktionsschicht (28) aus Carbosilan besteht.

9. Bauteil nach Anspruch 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

eine Gradientenschicht (31) auf die erste Funktionsschicht (28) aufgebracht wird, die eine dichte und rissfreie Beschichtung der Maskierungsschicht (25) ermöglicht.

10. Bauteil nach Anspruch 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

die Gradientenschicht (31) eine Mischung aus Polysiloxan, Metall und/oder einer Metallkeramik ist.

11. Bauteil nach Anspruch 10,

bei der der Gradientenschicht (31) ein Füllstoff zugesetzt ist, um thermomechanische Spannungen in der Maskierungsschicht (25) oder zwischen Maskierungsschicht (25) und einem Substrat (40) des Bauteils (1) aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten zu verhindern.

12. Bauteil nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

die Maskierungsschicht (25) zumindest teilweise kohlenstoffhaltig ist, insbesondere an ihrer äußeren

Oberfläche.

14. Bauteil nach Anspruch 3,  
5 d a u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass  
die Maskierungsschicht (25) eine Gradientenschicht ist.

## Zusammenfassung

## Verfahren zur Beschichtung eines Bauteils

- 5 Maskierungsschichten für Bauteile nach dem Stand der Technik reagieren mit dem Grundmaterial des Bauteils bzw. lassen sich schlecht wieder entfernen.

- 10 Das erfindungsgemäße Bauteil weist eine Maskierungsschicht (25) auf, die sich nach einer Beschichtung der Bauteil (1) sehr leicht entfernen lässt, weil zum einen keine gute Haftung zwischen der Maskierungsschicht (25) und dem Grundmaterial (40) des Bauteils (1) gegeben ist oder die
- 15 Maskierungsschicht (25) sich durch Eindringen einer Flüssigkeit leicht entfernen lässt.

Figur 3



EPO - Munich  
62  
10. April 2002

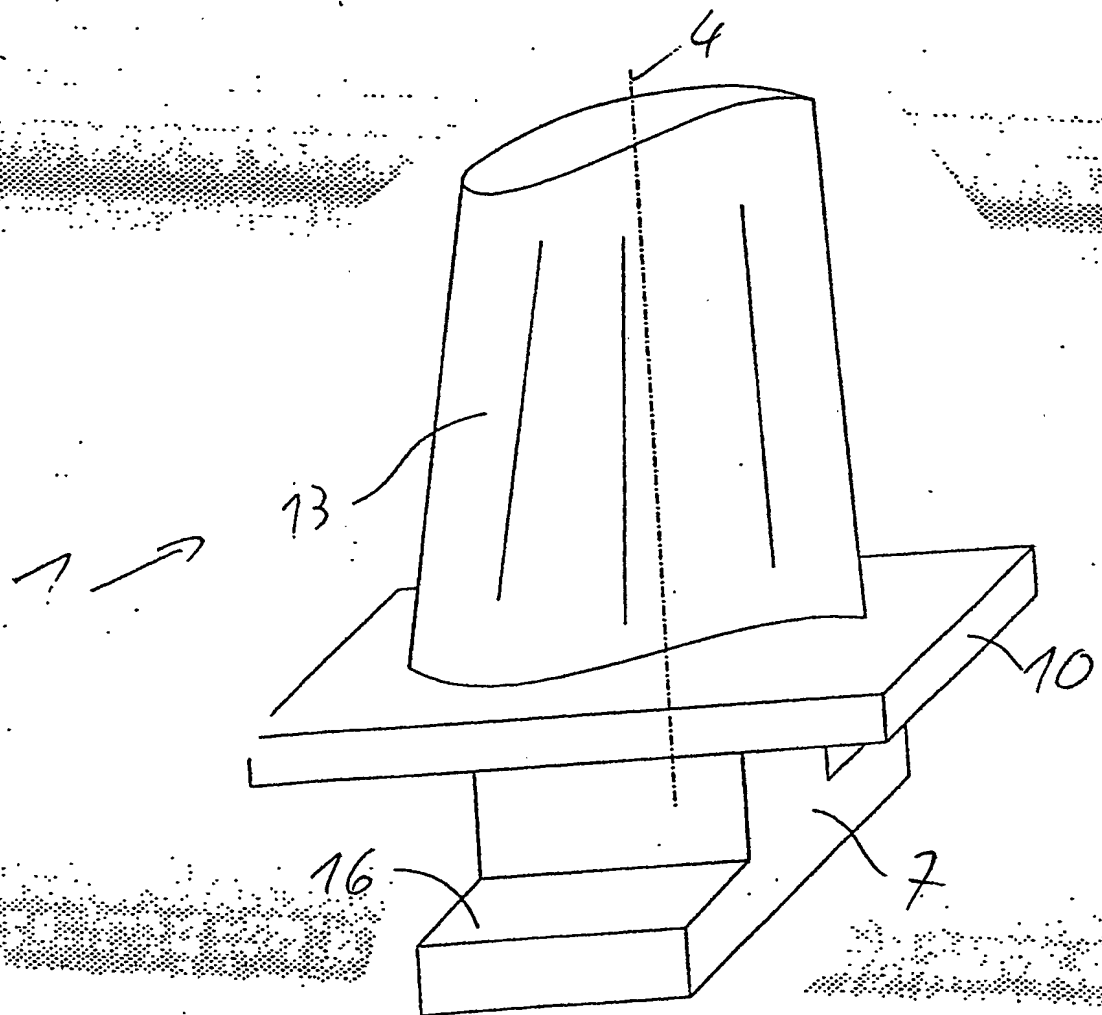


Fig 7

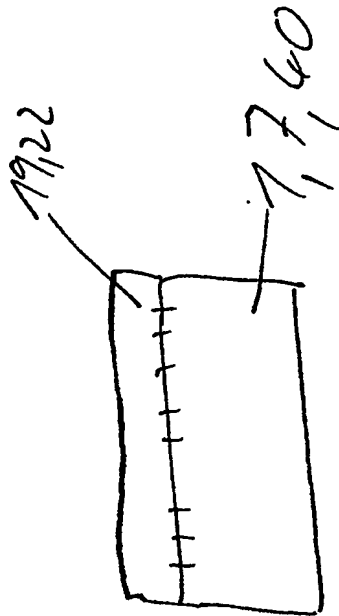
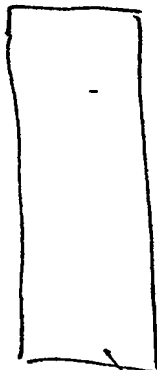
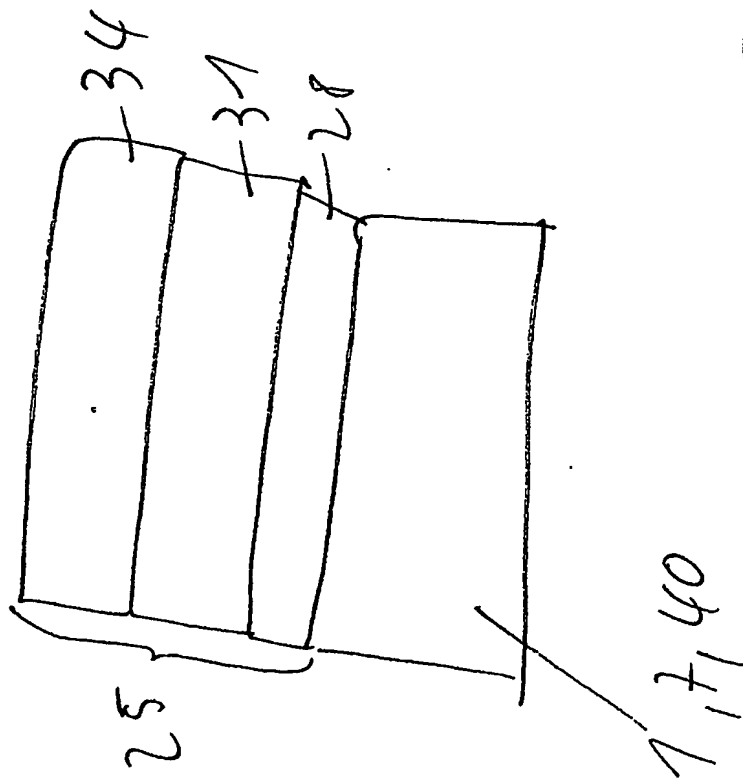


Fig 2



+H(02)

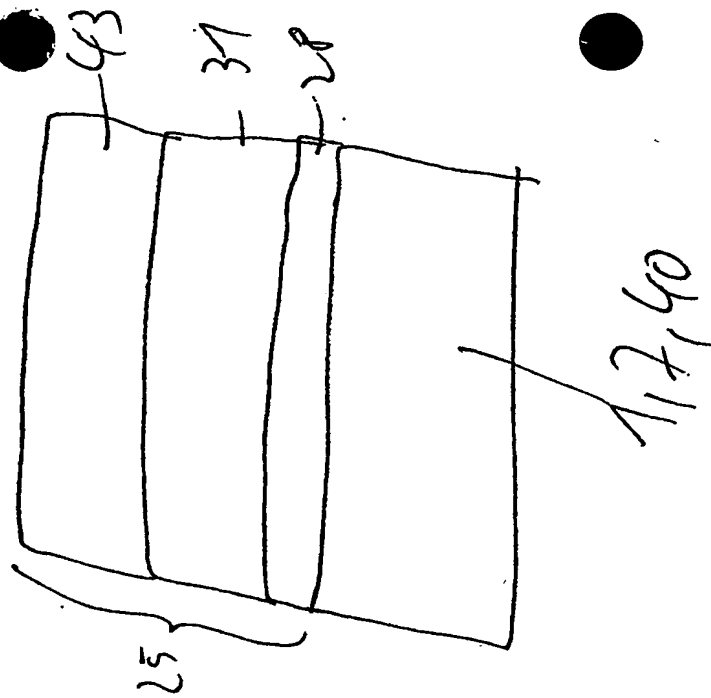
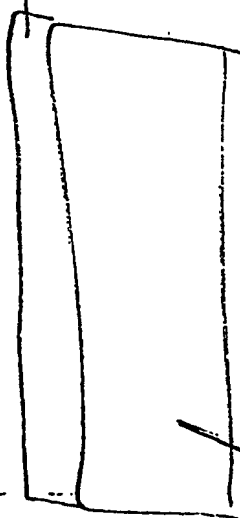


Fig 3

37, 25



40

Fig 4

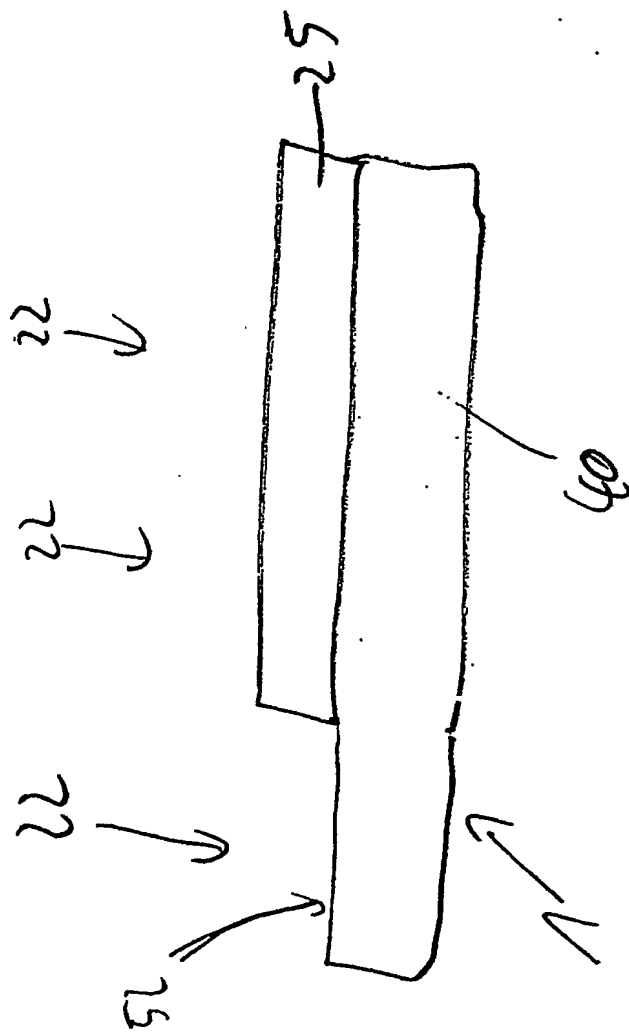


Fig 5.

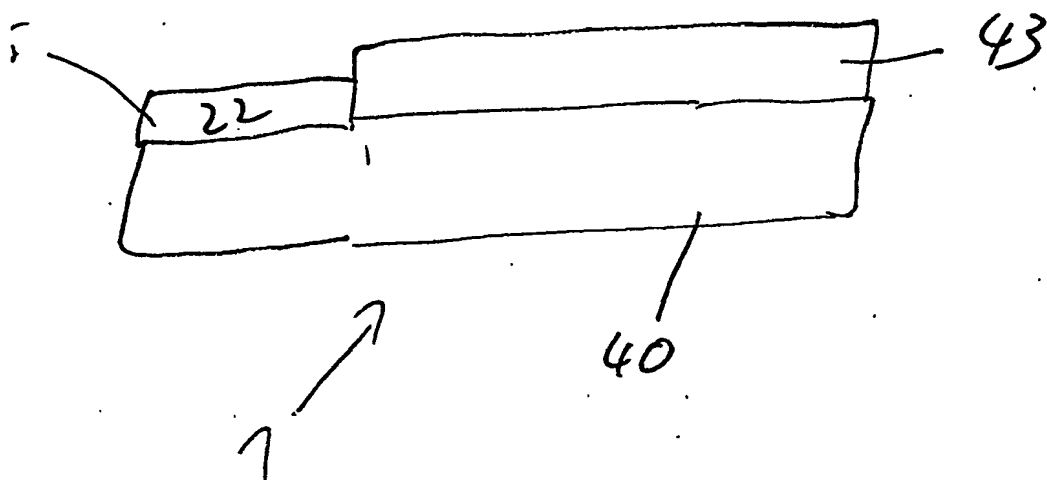


Fig 6

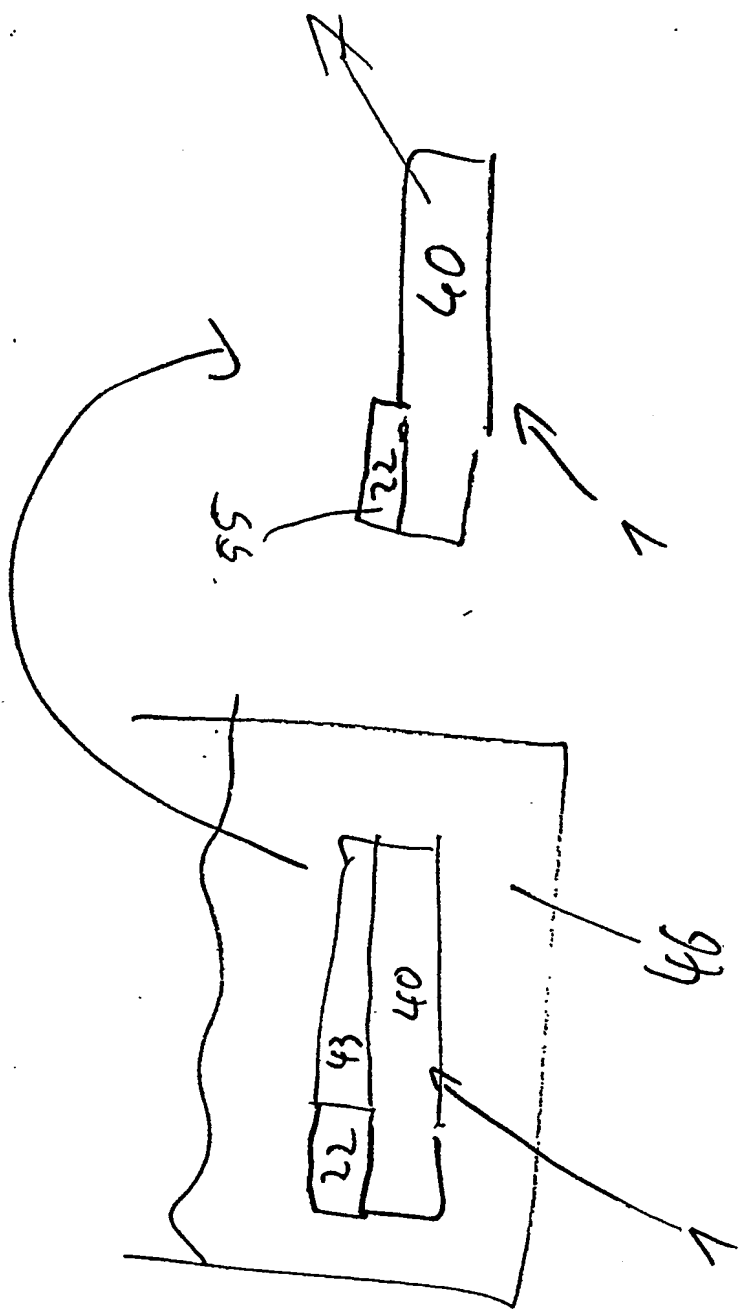
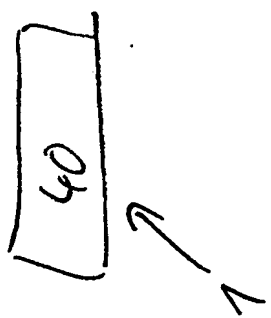
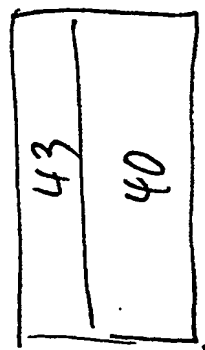


Fig. 7

49



Tag



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**